

**MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU**

**STRUČNI STUDIJ ODRŽIVOG RAZVOJA**

**NIKOLA BALENT**

**USPOREDNI KONSTRUKCIJSKI PRORAČUN LINIJSKE I  
KRUŽNE VODOVODNE INSTALACIJE OBITELJSKE  
KUĆE**

**ZAVRŠNI RAD**

**ČAKOVEC, 2015.**

**MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU**

**STRUČNI STUDIJ ODRŽIVOG RAZVOJA**

**USPOREDNI KONSTRUKCIJSKI PRORAČUN LINIJSKE I  
KRUŽNE VODOVODNE INSTALACIJE OBITELJSKE  
KUĆE**

Mentor:

dr. sc. Sarajko Baksa, prof. v. š.

Student:

Nikola Balent

Čakovec, 2015.

**POLYTECHNIC OF MEĐIMURJE IN ČAKOVEC**

**STUDY OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

**LINE AND CIRCLE WATER NETWORK BUDGET  
COMPARATION OF FAMILY HOUSE**

Mentor:

dr. sc. Sarajko Baksa, prof. v. š.

Student:

Nikola Balent

Čakovec, 2015.

*Zahvaljujem se:*

*Dr.sc. Sarajku Baksi, prof. v.š. na uloženom trudu i vremenu, kao i Pišti Novaku, dipl.ing. na pomoći i stručnim savjetima tokom pisanja ovog rada.*

*Svojim roditeljima na beskrajnoj podršci tokom studiranja.*

*Nikola Balent*

**SADRŽAJ**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. UVOD .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2. SVOJSTVA LINIJSKE I KRUŽNE VODOVODNE INSTALACIJE..</b> | <b>1</b>  |
| 2.1. Svojstva linijske vodovodne instalacije .....           | 2         |
| 2.2. Svojstva kružne vodovodne instalacije .....             | 3         |
| <b>3. OSNOVNI POJMOVI, TABLICE I GRAFOVI .....</b>           | <b>5</b>  |
| 3.1. Pumpa .....   | 5         |
| 3.2. Cjevovod .....  | 6         |
| 3.3. Količina vode na izljevnim jedinicama .....             | 9         |
| 3.4. Linijski i lokalni gubici .....                         | 9         |
| 3.5. Ostale tablice .....                                    | 10        |
| <b>4. PRORAČUN .....</b>                                     | <b>11</b> |
| <b>5. USPOREDBA DOBIVENIH REZULTATA .....</b>                | <b>18</b> |
| <b>6.ZAKLJUČAK .....</b>                                     | <b>21</b> |
| <b>7. LITERATURA .....</b>                                   | <b>22</b> |
| <b>8. PRILOZI .....</b>                                      | <b>23</b> |

**POPIS SLIKA**

|                  |  |    |
|------------------|--|----|
| <b>Slika 1.</b>  | Linijska vodovodna instalacija .....                                 | 2  |
| <b>Slika 2.</b>  | Taloženje kamenca u cijevi .....                                     | 3  |
| <b>Slika 3.</b>  | Kružna vodovodna instalacija .....                                   | 3  |
| <b>Slika 4.</b>  | Postavljanje cijevi .....  | 4  |
| <b>Slika 5.</b>  | Popravak cijevi .....  | 4  |
| <b>Slika 6.</b>  | Pumpa .....  | 5  |
| <b>Slika 7.</b>  | Q-h dijagram pumpe .....   | 6  |
| <b>Slika 8.</b>  | Zaštita cijevi .....   | 6  |
| <b>Slika 9.</b>  | Cijev pod utjecajem temperature smrzavanja .....                     | 7  |
| <b>Slika 10.</b> | Čišćenje cijevi vodenom mlaznicom .....                              | 7  |
| <b>Slika 11.</b> | Čišćenje cijevi mehaničkim načinom .....                             | 7  |
| <b>Slika 12.</b> | Razne izvedbe Cijevi .....   | 8  |
| <b>Slika 13.</b> | Usporedba linijskih gubitaka vodovodne instalacije hladne vode ..... | 18 |
| <b>Slika 14.</b> | Usporedba lokalnih gubitaka vodovodne instalacije hladne vode .....  | 18 |
| <b>Slika 15.</b> | Usporedba linijskih gubitaka vodovodne instalacije tople vode .....  | 19 |
| <b>Slika 16.</b> | Usporedba lokalnih gubitaka vodovodne instalacije tople vode .....   | 19 |

**POPIS TABLICA**

|                    |   |    |
|--------------------|---|----|
| <b>Tablica 1.</b>  | Hrapavost materijala .....                                | 8  |
| <b>Tablica 2.</b>  | Izljevne jedinice .....                                   | 9  |
| <b>Tablica 3.</b>  | Koeficijent lokalnih gubitaka .....                       | 10 |
| <b>Tablica 5.</b>  | Dinamička viskoznost vode .....                           | 10 |
| <b>Tablica 4.</b>  | Gustoća vode .....  | 10 |
| <b>Tablica 6.</b>  | Proračun linijske vodovodne instalacije hladne vode ..... | 11 |
| <b>Tablica 7.</b>  | Proračun linijske vodovodne instalacije hladne vode ..... | 12 |
| <b>Tablica 8.</b>  | Proračun linijske vodovodne instalacije hladne vode ..... | 14 |
| <b>Tablica 9.</b>  | Proračun linijske vodovodne instalacije hladne vode ..... | 15 |
| <b>Tablica 10.</b> | Proračun linijske vodovodne instalacije hladne vode ..... | 16 |
| <b>Tablica 12.</b> | Proračun linijske vodovodne instalacije hladne vode ..... | 17 |
| <b>Tablica 11.</b> | Financijska analiza vodovodne instalacije .....           | 20 |

## **POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

### **BROJ CRTEŽA   NAZIV IZ SASTAVNICE**

1.            Tlocrt linijske vodovodne instalacije hladne vode
2.            Izometrija linijske vodovodne instalacije hladne vode
3.            Tlocrt linijske vodovodne instalacije tople vode
4.            Izometrija linijske vodovodne instalacije tople vode
5.            Izometrija linijske vodovodne instalacije hladne i tople vode
6.            Tlocrt kružne vodovodne instalacije hladne vode
7.            Izometrija kružne vodovodne instalacije hladne vode
8.            Tlocrt kružne vodovodne instalacije tople vode
9.            Izometrija kružne vodovodne instalacije tople vode
10.          Izometrija kružne vodovodne instalacije hladne i tople vode



**POPIS OZNAKA**

| OZNAKA           | JEDINICA               | OPIS                              |
|------------------|------------------------|-----------------------------------|
| IJ               | l/s                    | Izljevna jedinica                 |
| Q                | $\text{m}^3/\text{s}$  | Protok                            |
| d                | m                      | Promjer                           |
| v                | m/s                    | brzina                            |
| Re               | -                      | Reynoldsov broj                   |
| $\lambda$        | -                      | Lambda                            |
| L                | m                      | Dužina                            |
| $h_{\text{lin}}$ | -                      | linijski gubici                   |
| $\xi$            | -                      | Koeficijent lokalnog gubitka      |
| $h_{\text{lok}}$ | -                      | Lokalni gubici                    |
| $\mu$            | Pa/s                   | dinamička viskoznost              |
| $\rho$           | $\text{kg}/\text{m}^3$ | Gustoća                           |
| k                | m                      | Koeficijent hrapavosti materijala |

## SAŽETAK

U radu se opisuje proces proračuna linijske i kružne vodovodne instalacije obiteljske kuće. U realnom sustavu moguće je uraditi jednu od tih dviju izvedba spajanja izljevniha jedinica da bi na svakoj od njih imali konstantan protok vode. Svaka izvedba ima svoje prednosti i mane, pa će se zbog toga provesti proračun koji će nam prikazati kratak rezime, prednosti i mane svakog.

Kako bi došli do što točnijih rezultata koristili smo metodu izračunavanja proračuna preko izljevniha jedinica. Pošto u izradi ovog proračuna imamo vrlo mnogo iskustvenih podataka, temeljene prema dugogodišnjim praćenjima ponašanja realnog sustava, u ovom proračunu koristili smo grafove i tablice temeljene prema HRN standardima. Tokom proračuna koriste se formule i dijagrami koji će biti naknadno objašnjeni. Objasniti će se njihova namjena te ovisnost jedne o drugoj.

Pošto je ovo jedan od manjih sustava s obzirom na vodovodni sustav većih distributera vode, proračun će dati tek manji uvid naspram takvom većem sustavu. Veći sustav sa sobom donosi veće linijske i lokalne gubitke, padove tlakova, proračune i puno više vodovodne armature.

Nakon izvedenog proračuna, rezultate koje ćemo dobiti pomoći će nam u lakšoj usporedbi ovih dvaju sustava, odnosno, bit će nam lakše odlučiti koji sustav nam više odgovara za projekt.

**Ključne riječi:** *linijska vodovodna instalacija, kružna vodovodna instalacija, proračun, obiteljska kuća*

## 1. UVOD

Rješavajući problem ovog rada, prvo ćemo ukratko objasniti svaki sustav, njegov princip rada, osvrnuti se na njihovu funkcionalnost, te objasniti svaki dio armature postavljen u sustavu. Također, objasniti će se metodom "korak po korak" izrada proračuna, sa kojom će se dobiti uvid u brzine, te linijske i lokalne gubitke sustava, a sve uz pomoć konstrukcijskog dijela izrađenog u AutoCAD-u.

Završetkom rada dobit će se uvid u financijsku analizu postavljanja jednog realnog sustava te će se prigodnim zaključkom obrazložiti odabir izvedbe.

## 2. SVOJSTVA LINIJSKE I KRUŽNE VODOVODNE INSTALACIJE

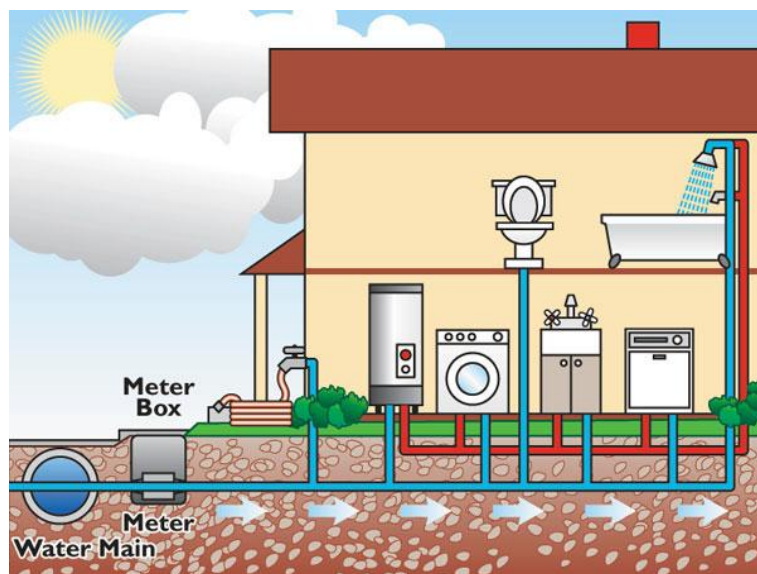
Provodeći sustav u realnom okruženju, svaki sustav potrebno je pomno odabrati prema prednostima i manama koje nam taj sustav donosi. Pošto imamo vrlo mnogo čimbenika koji utječu na funkcionalnost sustava, kod ovog primjera, posebna pozornost na koju je potrebno obratiti pažnju su:

- udaljenost priključka od domaćinstva,
- atmosferski utjecaji,
- struje i turbulencije,
- način postavljanja instalacije,
- odabir armature,
- higijenski uvjeti,
- teren i
- na kraju samo financijsko opterećenje.

Poznavajući prednosti i mane pojedine izvedbe, lakše je odlučiti koju izvedbu koristiti s obzirom na navedene probleme.

## 2.1. Svojstva linijske vodovodne instalacije

Kod linijske izvedbe vodovodne instalacije, imamo jedan glavan vod koji dijeleći se na grane i ogranke opskrbljuje sve izljevne jedinice vodovodnog sustava kao što je prikazano na slici 1. [5].



**Slika 1.** Linijska vodovodna instalacija

### Prednosti linijske vodovodne instalacije:

- jednostavniji proračun od kružne vodovodne instalacije,
- potrebna je manja količina armature što znači da je upravljanje i održavanje sustava jeftinije,
- postavljanje cijevi je jednostavnije.

### Nedostaci linijske vodovodne instalacije:

- jedan glavni vod opskrbljuje sve izljevne jedinice što znači da je cijeli sustav veoma riskantan,
- ako se u sustavu desi kvar, potrebno je zatvoriti cijeli sustav kako bi se kvar uklonio,

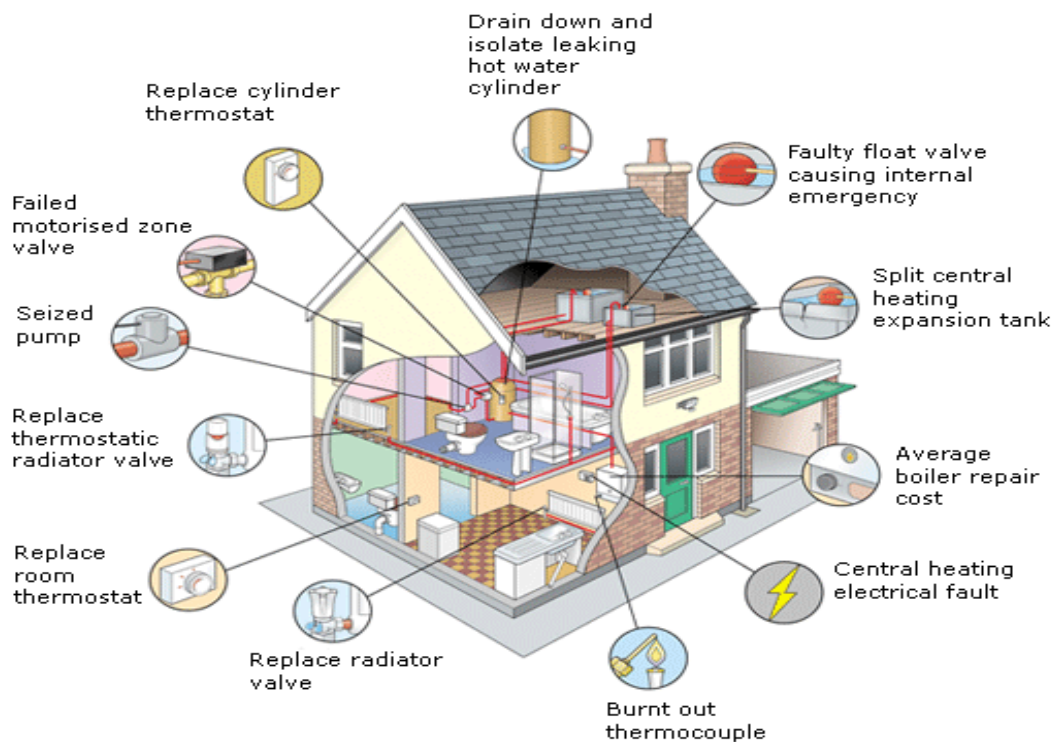
- veliki rizik od taloženja kamenca i "zastarjevanja" vode u granama gdje nema stalnog protoka vode što je prikazano na slici 2.[6].



**Slika 2.** Taloženje kamenca u cijevi

## 2.2. Svojstva kružne vodovodne instalacije

Kod kružne vodovodne instalacije formira se prsten oko izljevničkih jedinica te je svaka grana sustava opskrbljena vodom preko glavnog voda što je vidljivo na slici 3. [7].



**Slika 3.** Kružna vodovodna instalacija

**Prednosti kružne vodovodne instalacije:**

- nema opasnosti od taloženja kamenca i "zastarjevanja" vode jer je cirkulacija vode konstantna,
- ako se desi kvar u sustavu, nije potrebno zatvoriti cijeli sustav kako bi se kvar uklonio,
- zatvaranjem jedne ili više dionica sustava, gubitak tlaka u cijevima je minimalan.

**Nedostaci kružne vodovodne instalacije:**

- potrebno je puno više vodovodne armature u instalaciji kako bi se sustav stavio u pogon,
- cijeli sustav zahtjeva veću dužinu cijevi sa većim promjerima,
- analizu tlakova i brzina je puno teže odrediti nego kao kod linijske instalacije,
- postavljanje cijevi je puno kompliciranije kao što je prikazano na slici 4. [8] i slici 5. [9].



**Slika 4.** Postavljanje cijevi



**Slika 5.** Popravak cijevi

### 3. OSNOVNI POJMOVI, TABLICE I GRAFOVI

Svaki sustav koji se projektira sa sobom donosi neke osnovne elemente koji se ugrađuju kako bi sustav mogao funkcionirati pa će se u radu objasniti neki najosnovniji elementi, ugradbeni dijelovi i tablice proračuna koji će se koristiti prilikom projektiranja sustava.

Svaki element koji se ugrađuje u sustav sa sobom nosi lokalne gubitke, isto tako, linijski gubici ovise o dužini cijevi u sustavu pa koristeći iskustvene tablice i grafove vrlo je lako odrediti njihove vrijednosti.

#### 3.1. Pumpa

Kako bi cijeli sustav instalacije mogao funkcionirati, odnosno tlačiti vodu po cijelom toku, u sustav se ugrađuje pumpa. Pumpa je uređaj koja vodi dodaje energiju i tjera je cijelim sustavom, slika 6. [10]. Postavlja se kao priključak između gradske i kućne vodovodne mreže.

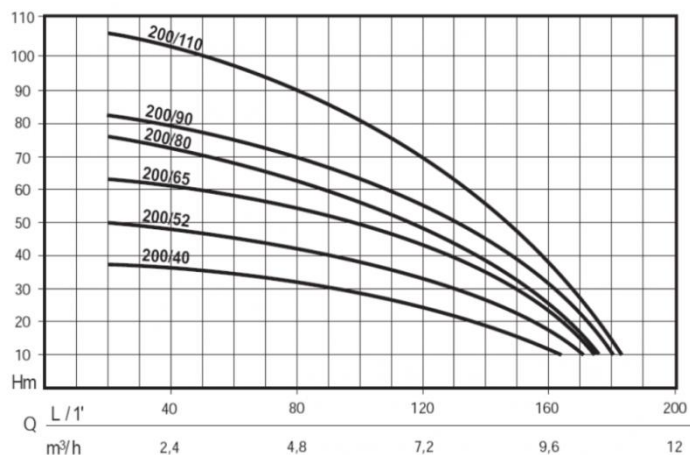
Minimalan tlak koje je komunalno poduzeće dužno isporučiti je 2.5 bar-a. No, ako to nije dovoljno za kućnu mrežu, tada se postavlja pumpa koja premošćuje sve linijske i lokalne gubitke, odnosno padove tlakova u mreži.



Slika 6. Pumpa



Na slici 7. [11] prikazan je dijagram pumpe, ovisnosti protoka o visini dobave pumpe. Dijagram nam govori da povećanjem protoka, pada visina dobave pumpe, odnosno, vrijedi i obrnuto.



**Slika 7.** *Q-h dijagram pumpe*

### 3.2. Cjevovod

Cjevovod služi kao sredstvo distribucije vode, put kojim voda dolazi do izljevne jedinice. Izvedbe cjevovoda mogu biti svakakve, a posebnu pozornost prilikom projektiranja potrebno je obratiti na:

- cjevovod mora biti što kraći,
- cijevi koje se nalaze u tlu potrebno je zaštititi od korozije i mehaničkih udara, kako ne bi došlo do puknuća kao što je dano na slici 8 [12].



**Slika 8.** *Zaštita cijevi*



- ako se cijev polaže u zid, potrebno je paziti na to da cijev ne dolazi u kontakt s tvarima koje je razgrađuju (vlažni gips, šljaka, pepel...) ili da se prilikom polaganja adekvatno zaštite,
- izoliranje cijevi u prostorima gdje nema grijanja, odnosno na mjestima gdje temperature padaju ispod nule prikazano na slici 9 [13],



**Slika 9.** Cijev pod utjecajem temperature smrzavanja

- nakon završenih radova potrebno je isprati cijevi prikazano na slici 10. [14] i slici 11. [15] te armature kako ne bi došlo do trovanja,



**Slika 10.** Čišćenje cijevi vodenom mlaznicom



**Slika 11.** Čišćenje cijevi mehaničkim načinom

- prilikom proračuna potrebno je paziti da brzina strujanja vode ne bude manja od 1 metar u sekundi kako ne bi došlo do taloženja netopivih tvari, odnosno da brzina ne bude veća od 2 metra u sekundi kako ne bi došlo do šumova i buke prilikom strujanja vode.

Tokom polaganja cijevi također je veoma bitno koju vrstu materijala biramo za cjevovod, a neke izvedbe prikazane su na slici 12. [16]. Kako svaki materijal ima određenu hrapavost, koristi se tablica 1, tablica hrapavosti za uvrštavanje u formulu [17].

**Tablica 1.** Hrapavost materijala

| Material                       | e (mm)    | e (inches)   |
|--------------------------------|-----------|--------------|
| Concrete                       | 0.3 - 3.0 | 0.012 - 0.12 |
| Cast Iron                      | 0.26      | 0.010        |
| Galvanized Iron                | 0.15      | 0.006        |
| Asphalted Cast Iron            | 0.12      | 0.0048       |
| Commercial or Welded Steel     | 0.045     | 0.0018       |
| PVC, Glass, Other Drawn Tubing | 0.0015    | 0.00006      |



**Slika 12.** Razne izvedbe Cijevi

### 3.3. Količina vode na izljevnim jedinicama

Izljevna količina vode je ona količina koja istječe na izljevnoj jedinici upotrebom ispusnica i drugih armatura u jedinici vremena pri određenom tlaku. Kako je ova vrijednost podložna normama za nju ćemo koristiti tablicu 2, tablicu izljevnih jedinica napravljenu na temelju iskustva [18].

**Tablica 2.** *Izljevne jedinice*

| Oznaka | Vrsta izljeva                   | Izljevne jedinice |
|--------|---------------------------------|-------------------|
| Z      | Zahodska školjka s vodokotlićem | 0.25              |
| B      | Bide                            | 0.25              |
| P      | Perilica rublja ili suđa        | 1.50              |
| U      | Umivaonik                       | 0.50              |
| K      | Kada                            | 1.50              |
| T      | Tuš kada                        | 1.50              |
| S      | Sudoper                         | 0.50              |

Koristeći formulu za izračunavanje protoka preko izljevnih jedinica:

$$Q = \sqrt{IJ} * 0,25 \quad (1)$$

vidimo da protok raste povećanjem broja izljevnih jedinica.

### 3.4. Linijski i lokalni gubici

Gubici tlaka u vodovodu očitavaju se kao linijski koji nastaju zbog trenja u dužini cijevi, te lokalni koji nastaju kod armatura, odnosno gdje imamo promjenu smjera toka, nagiba, promjera. Također, ova je tablica 3. dobivena na temelju iskustvenih podataka [18].

**Tablica 3.** Koeficijent lokalnih gubitaka

| Element                    | Koeficijent $\zeta$ |
|----------------------------|---------------------|
| Račva T oblika - odvajanje | 1.50                |
| Račva T oblika - spajanje  | 1.00                |
| Lučna račva - odvajanje    | 1.00                |
| Lučna račva - spajanje     | 0.50                |
| Izjev                      | 1.00                |

Koristeći jednadžbu za proračunavanje linijskih i lokalnih gubitaka:

$$H_{lin} = \lambda * \frac{L}{d} * \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

$$(2 * \xi_k + \xi_{Rt}) * \frac{v^2}{2 * g} \quad (3)$$

Vidimo da nam linijski gubici rastu s dužinom cijevi i brzinom na kvadrat dok sa promjerom opadaju, odnosno, povećanjem broja armatura i brzinom na kvadrat rastu lokalni gubici.

### 3.5. Ostale tablice

Prilikom proračuna jednadžbe za Reynoldsov broj koji nam govori je li strujanje vode u cijevima turbulentno ( $Re > 10000$ ) ili laminarno ( $Re < 10000$ ), potrebno je uvrstiti gustoću te dinamičku viskoznost vode koju je moguće uzeti iz tablice 4. [19] i tablice 5. [20]:

**Tablica 4.** Gustoća vode

| Temperatura (°C) | Gustoća (kg/m <sup>3</sup> ) |
|------------------|------------------------------|
| 100              | 958,4                        |
| 80               | 971,8                        |
| 60               | 983,2                        |
| 40               | 992,2                        |
| 30               | 995,6502                     |
| 25               | 997,0479                     |
| 22               | 997,7735                     |
| 20               | 998,2071                     |
| 15               | 999,1026                     |
| 10               | 999,7026                     |
| 4                | 999,9720                     |

**Tablica 5.** Dinamička viskoznost vode

| Temperatura [°C] | Viskoznost [Pa·s]      |
|------------------|------------------------|
| 10               | $1,308 \times 10^{-3}$ |
| 20               | $1,003 \times 10^{-3}$ |
| 30               | $7,978 \times 10^{-4}$ |
| 40               | $6,531 \times 10^{-4}$ |
| 50               | $5,471 \times 10^{-4}$ |
| 60               | $4,668 \times 10^{-4}$ |
| 70               | $4,044 \times 10^{-4}$ |
| 80               | $3,550 \times 10^{-4}$ |
| 90               | $3,150 \times 10^{-4}$ |
| 100              | $2,822 \times 10^{-4}$ |

## 4. PRORAČUN

Kako se proračun radi na principu izljevne jedinice, projektiranje se vrši na način da dimenzioniramo glavni vod te njegove grane i ogranke tako da do svake izljevne jedinice dođemo najkraćim mogućim putem. Crtež će se izraditi u programu AutoCAD, a koristit ćemo tlocrt stana i izometriju instalacije kako bi se lakše snalazili prilikom izračunavanja proračuna. Prilikom crtanja izometrije potrebno je naznačiti dionice, odnosno točke grana prema kojim ćemo vršiti naš proračun.

Za primjer jednog proračuna koristit ćemo dionicu "A-B" linijske vodovodne instalacije hladne vode i to u tlocrtu, prilog 1, te izometriji, prilog 2.

Kako bi započeli tablicu, prvo u stupac "DIONICA" uvrštavamo točke A-B, u kojoj imamo dvije izljevne jedinice, a to su umivaonik "U", te bide "B". Tada iz tablice 2. [18] iščitavamo vrijednost količine izljevne jedinice te njihov zbroj upisujemo u stupac "KOLIČINA", tablice 6.

**Tablica 2.** Izljevne jedinice

| Oznaka | Vrsta izjeva                   | Izljevne jedinice |
|--------|--------------------------------|-------------------|
| Z      | Zahodska školjka s vodokotičem | 0.25              |
| B      | Bide                           | 0.25              |
| P      | Perilica rublja ili suda       | 1.50              |
| U      | Umivaonik                      | 0.50              |
| K      | Kada                           | 1.50              |
| T      | Tuš kada                       | 1.50              |
| S      | Sudoper                        | 0.50              |

**Tablica 6.** Proračun linijske vodovodne instalacije hladne vode

| A       | B             | C      | D   | E                 |
|---------|---------------|--------|-----|-------------------|
| DIONICA | IZLJEVNA JED. | PROTOK |     |                   |
|         | IJ (l/s)      | (Q)    |     |                   |
|         | OZNAKA        | KOL.   | l/s | m <sup>3</sup> /s |
| A-B     | U, B          | 0,75   |     |                   |

Sljedeće što je potrebno izračunati je protok. Protok je moguće izračunati preko izljevnih jedinica (IJ) koje se označavaju u litrama po sekundi (l/s). Pošto je bitno za budući dio proračuna da nam mjerne jedinice budu u metrima kubnim u sekundi ( $m^3/s$ ), nakon što izračunamo protok preko izljevnih jedinica, pretvorit ćemo litre u sekundi u metre kubne u sekundi (4).

Formula za izračunavanje protoka (l/s):

$$Q = \sqrt{IJ} * 0,25 \quad (1)$$

$$Q = \sqrt{0,75} * 0,25$$

$$Q = 0,217 \frac{l}{s}$$

gdje je:

Q- protok  $\left[\frac{l}{s}\right]$

IJ- izljevnica jedinica  $\left[\frac{l}{s}\right]$

Pretvaranje litara u sekundi u metre kubne u sekundi:

$$Q = 0,217 \frac{l}{s} = 0,000217 \frac{m^3}{s} \quad (4)$$

Vrijednosti izračunatog protoka uvrštavamo u tablicu 7, pošto nam je potreban za slijedeći dio proračuna te tablica izgleda ovako:

**Tablica 7.** Proračun linijske vodovodne instalacije hladne vode

| A       | B             | C    | D      | E        | F       | G    |
|---------|---------------|------|--------|----------|---------|------|
| DIONICA | IZLJEVNA JED. |      | PROTOK |          | PROMJER |      |
|         | IJ (l/s)      |      | (Q)    |          | d (m)   |      |
|         | OZNAKA        | KOL. | l/s    | $m^3/s$  | STV.    | USV. |
| A-B     | U, B          | 0,75 | 0,217  | 0,000217 |         |      |

Sljedeće što trebamo izračunati je promjer cijevi na toj istoj dionici. Pošto se formula za promjer cijevi preračunava preko formule za protok (5), a za nju je potrebno uvrstiti brzinu, uzet ćemo usvojenu brzinu u grani 1,5 metara u sekundi. Nakon što uvrstimo usvojenu brzinu u formulu, vrijednost promjera koju ćemo dobiti biti će neka nasumična te ćemo je "zaokružiti" na promjer ponude dobavljača materijala. Prilikom smanjivanja promjera, brzina raste, vrijedi i obrnuto.

$$Q = v * A \quad (5)$$

$$d = \sqrt{\frac{4*Q}{v*\pi}} \quad (6)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * 0,000217}{1,5 * \pi}}$$

$$d = 0,0136 [m]$$

gdje je:

d- promjer [m]

v- brzina  $\left[\frac{m}{s}\right]$

A- površina kruga [m<sup>2</sup>]

Promjer koji ćemo uzeti biti će 15 mm odnosno:

$$d = 0,015 [m]$$

Nakon "zaokruživanja" promjera, sada preračunavamo stvarnu brzinu u dionici, također preko protoka, a to je:

$$v = \frac{4*Q}{d^2*\pi} \quad (7)$$

$$v = \frac{4 * 0,000217}{0,015^2 * \pi}$$

$$v = 1,23 \left[\frac{m}{s}\right]$$

**Tablica 8.** Proračun linijske vodovodne instalacije hladne vode

| A       | B             | C      | D       | E                 | F           | G     | H    | I |
|---------|---------------|--------|---------|-------------------|-------------|-------|------|---|
| DIONICA | IZLJEVNA JED. | PROTOK | PROMJER | STV. BRZINA       | REYNOL. BR. |       |      |   |
|         | IJ (l/s)      | (Q)    | d (m)   | v (m/s)           | Re          |       |      |   |
|         | OZNAKA        | KOL.   | l/s     | m <sup>3</sup> /s | STV.        | USV.  |      |   |
| A-B     | U, B          | 0,75   | 0,217   | 0,000217          | 0,0136      | 0,015 | 1,23 |   |

Za sljedeću, Reynoldsovu formulu (7) potrebni su nam tablični podaci i to za gustoću, tablica 4 [19]; te dinamičku viskoznost vode, tablica 5. [20]. Vrijednosti se uzimaju za temperaturu vode od 20 °C.

**Tablica 4.** Gustoća vode

| Temperatura (°C) | Gustoća (kg/m <sup>3</sup> ) |
|------------------|------------------------------|
| 100              | 958,4                        |
| 80               | 971,8                        |
| 60               | 983,2                        |
| 40               | 992,2                        |
| 30               | 995,6502                     |
| 25               | 997,0479                     |
| 22               | 997,7735                     |
| 20               | 998,2071                     |
| 15               | 999,1026                     |
| 10               | 999,7026                     |
| 4                | 999,9720                     |

**Tablica 5.** Dinamička viskoznost vode

| Temperatura [°C] | Viskoznost [Pa·s]        |
|------------------|--------------------------|
| 10               | 1,308 × 10 <sup>-3</sup> |
| 20               | 1,003 × 10 <sup>-3</sup> |
| 30               | 7,978 × 10 <sup>-4</sup> |
| 40               | 6,531 × 10 <sup>-4</sup> |
| 50               | 5,471 × 10 <sup>-4</sup> |
| 60               | 4,668 × 10 <sup>-4</sup> |
| 70               | 4,044 × 10 <sup>-4</sup> |
| 80               | 3,550 × 10 <sup>-4</sup> |
| 90               | 3,150 × 10 <sup>-4</sup> |
| 100              | 2,822 × 10 <sup>-4</sup> |

Uvrštavamo u formulu:

$$Re = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (8)$$

$$Re = \frac{1,23 \cdot 0,015 \cdot 998,21}{1,003 \cdot 10^{-3}}$$

$$Re = 18299,14$$



Gdje je:

Re- Reynoldsov broj

$$\rho - \text{gustoća} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$\mu$ - dinamička viskoznost [Pas]

Uvrštavanjem u tablicu 9. dobivamo:

**Tablica 9.** Proračun linijske vodovodne instalacije hladne vode

| A       | B             | C      | D     | E                     | F      | G           | H    | I           | J         |
|---------|---------------|--------|-------|-----------------------|--------|-------------|------|-------------|-----------|
| DIONICA | IZLJEVNA JED. | PROTOK |       | PROMJER               |        | STV. BRZINA |      | REYNOL. BR. | LAMBDA    |
|         | IJ (l/s)      | (Q)    |       | d (m)                 |        | v (m/s)     |      | Re          | $\lambda$ |
|         | OZNAKA        | KOL.   | l/s   | $\text{m}^3/\text{s}$ | STV.   | USV.        |      |             |           |
| A-B     | U, B          | 0,75   | 0,217 | 0,000217              | 0,0136 | 0,015       | 1,23 | 18299,14    |           |

Sljedeće što je potrebno proračunati je lambda, za proračun lambde potrebna nam je tablica 1 [17], odnosno hrapavost cijevi. Lambda nam je potrebna kako bi mogli izračunati linijske gubitke u cijevi koji rastu tim više što je lambda viša.

**Tablica 1.** Hrapavost cijevi

| Material                       | e (mm)    | e (inches)   |
|--------------------------------|-----------|--------------|
| Concrete                       | 0.3 - 3.0 | 0.012 - 0.12 |
| Cast Iron                      | 0.26      | 0.010        |
| Galvanized Iron                | 0.15      | 0.006        |
| Asphalted Cast Iron            | 0.12      | 0.0048       |
| Commercial or Welded Steel     | 0.045     | 0.0018       |
| PVC, Glass, Other Drawn Tubing | 0.0015    | 0.00006      |

Uvrštavanjem u formulu:

$$\lambda = \frac{1,325}{\left[ \ln \left( \frac{\varepsilon}{3,7 \cdot d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} \quad (9)$$

$$\lambda = \frac{1,325}{\left[ \ln \left( \frac{0,0000015}{3,7 \cdot 0,015} + \frac{5,74}{18299^{0,9}} \right) \right]^2}$$

$$\lambda = 0,0277$$

Gdje je:

$\lambda$ - lambda

$\varepsilon$ - hrapavost cijevi [m]

Kad smo proračunali lambda, sljedeće što nam preostaje je zbrojiti vodoravne dužine dionice A-B, zapisati u tablicu 10, te pomoću sljedeće formule izračunati linijske gubitke:

$$H_{lin} = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

$$H_{lin} = 0,0277 \cdot \frac{1,65}{0,015} \cdot \frac{1,23^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$H_{lin} = 0,224$$

Gdje je:

$H_{lin}$ - linijski gubici

$L$ - dužina dionice [m]

**Tablica 10.** Proračun linijske vodovodne instalacije hladne vode

| A       | B             | C      | D     | E                 | F           | G           | H         | I           | J            | K         | L     | M    | N |
|---------|---------------|--------|-------|-------------------|-------------|-------------|-----------|-------------|--------------|-----------|-------|------|---|
| DIONICA | IZLJEVNA JED. | PROTOK |       | PROMJER           | STV. BRZINA | REYNOL. BR. | LAMBDA    | DUŽINA DIO. | UK. LIN GUB. | LOK. GUB. |       |      |   |
|         | IJ (l/s)      | (Q)    |       | d (m)             | v (m/s)     | Re          | $\lambda$ | L (m)       | $h_{lin}$    | $\xi$     |       |      |   |
|         | OZNAKA        | KOL.   | l/s   | m <sup>3</sup> /s | STV.        | USV.        |           |             |              | OZNAKA    |       | KOL. |   |
| A-B     | U, B          | 0,75   | 0,217 | 0,000217          | 0,0136      | 0,015       | 1,23      | 18299,14    | 0,0266       | 1,65      | 0,224 |      |   |

Za proračun lokalnih gubitaka potrebna nam je tablica 3. [18] i iščitavanje armature na dionici A-B koju upisujemo u tablicu 12.

**Tablica 3.** Lokalni gubici

| Element                    | Koeficijent $\xi$ |
|----------------------------|-------------------|
| Račva T oblika - odvajanje | 1.50              |
| Račva T oblika - spajanje  | 1.00              |
| Lučna račva - odvajanje    | 1.00              |
| Lučna račva - spajanje     | 0.50              |
| Izljev                     | 1.00              |

Prema izometrijskom crtežu, na dionici A-B nalaze se dva koljena i jedna račva T. Upisujemo u tablicu 12. i preko formule (3) izračunavamo:

$$H_{lok} = (2 * \xi k + \xi R_t) * \frac{v^2}{2 * g} \quad (3)$$

$$H_{lok} = 5,5 * \frac{1,23^2}{2 * 9,81}$$

$$H_{lok} = 0,421$$

Gdje je:

$H_{lok}$ - lokalni gubici

$\xi$ - koeficijent gubitka

Posljednjom formulom zaokružili smo cijeli proračun jedne dionice tablice 12.

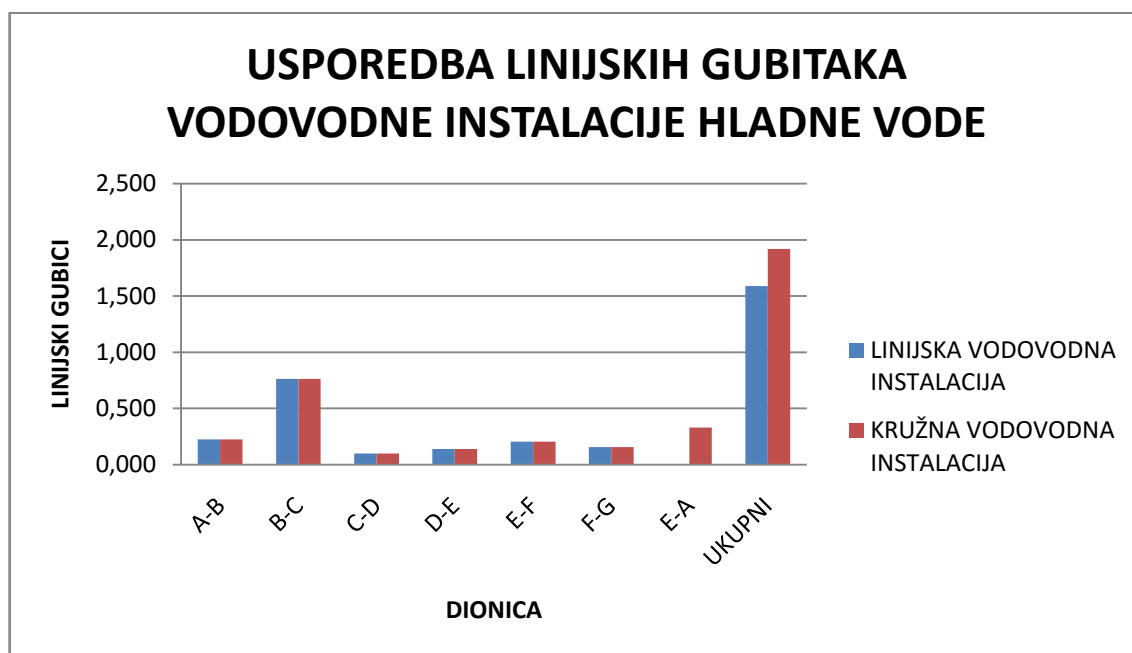
**Tablica 12.** Proračun linijske vodovodne instalacije hladne vode

| A       | B             | C           | D           | E         | F           | G            | H         | I             | J   | K     |
|---------|---------------|-------------|-------------|-----------|-------------|--------------|-----------|---------------|-----|-------|
| DIONICA | IZLJEVNA JED. | STV. BRZINA | REYNOL. BR. | LAMBDA    | DUŽINA DIO. | UK. LIN GUB. | LOK. GUB. | UK. LOK. GUB. |     |       |
|         | IJ (l/s)      | v (m/s)     | Re          | $\lambda$ | L (m)       | $h_{lin}$    | $\xi$     | $h_{lok}$     |     |       |
|         | OZNAKA        | KOL.        |             |           |             |              | OZNAKA    | KOL.          |     |       |
| A-B     | U, B          | 0,75        | 1,23        | 18299,14  | 0,0266      | 1,65         | 0,224     | K, K, Rt      | 5,5 | 0,421 |

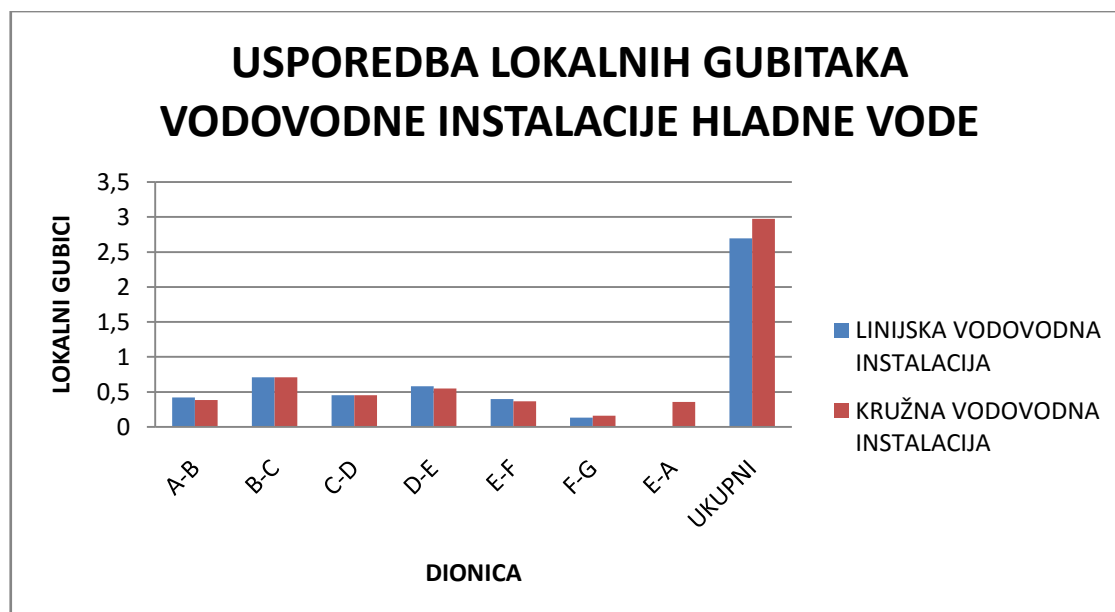
Za svaku sljedeću dionicu kružne i linijske instalacije primjenjuje se isti način proračuna.

## 5. USPOREDBA DOBIVENIH REZULTATA

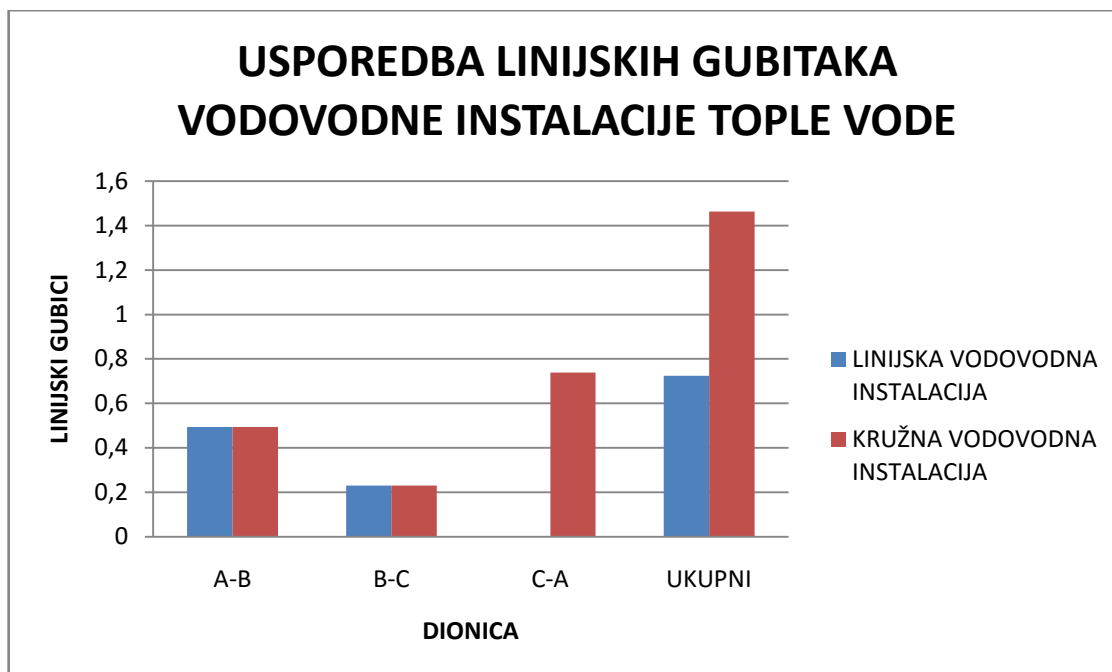
U ovom dijelu grafički ćemo prikazati usporedbu dobivenih rezultata linijskih i lokalnih gubitaka linijske i kružne vodovodne instalacije koristeći grafove. Vrijednosti su preuzete iz proračunskog dijela i prikazane su na slici 13; 14; 15 i 16.



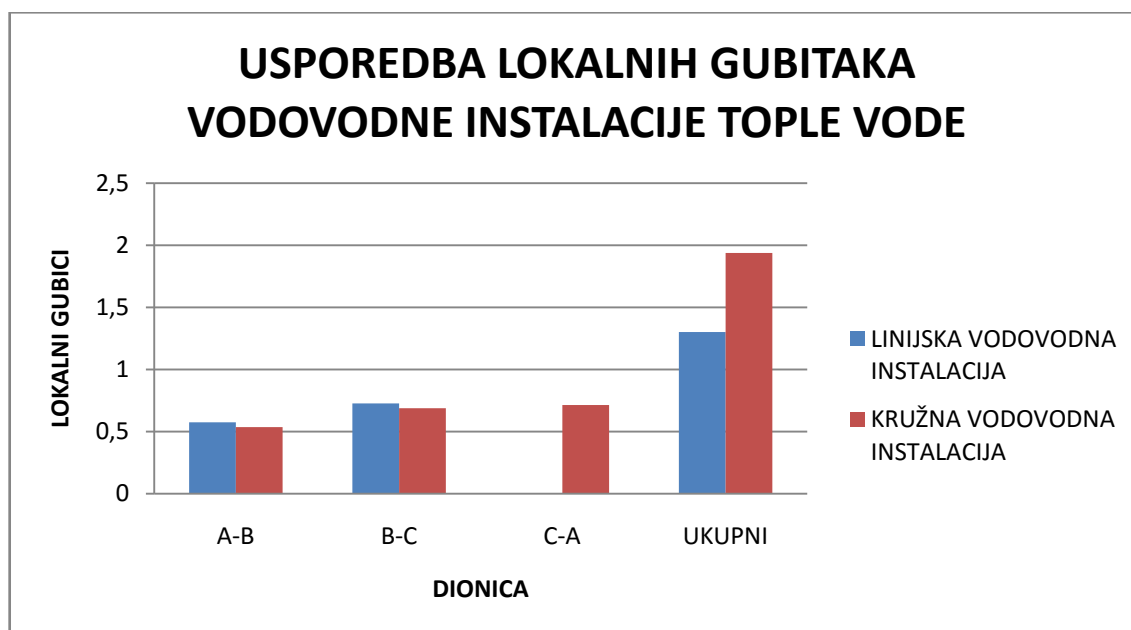
**Slika 13.** Usporedba linijskih gubitaka vodovodne instalacije hladne vode



**Slika 14.** Usporedba lokalnih gubitaka vodovodne instalacije hladne vode



**Slika 15.** Usporedba linijskih gubitaka vodovodne instalacije tople vode



**Slika 16.** Usporedba lokalnih gubitaka vodovodne instalacije tople vode

Grafove smo izradili tako da smo na x os stavili pojedinačne dionice naše vodovodne mreže od točke A do točke B, B-C, C-D itd; dok smo na y os stavili linijske, odnosno lokalne gubitke. Linijsku vodovodnu instalaciju označili smo plavim, a kružnu crvenim stupcem.

S obzirom da su dionice u izometriji kod linijske i kružne vodovodne instalacije jednake, osim što kod kružne imamo jednu dodatnu dionicu, koja je prikazana zasebno, odnosno, ta ista dionica linijske instalacije ne postoji, u tom stupcu se očitava najveća razlika u linijskim i lokalnim gubicima ovog sustava. Odstupanja su također vidljiva između dionica kod lokalnih gubitaka. Razlog tome je određena vrsta armature koja se mijenja iz tog razloga što kod linijske instalacije kod mjesta gdje dionica završava, stavljamo koljeno, dok nam je za kružnu instalaciju potrebno ubaciti T-komad kako bi se dionice međusobno spojile.

Sa grafova je prilično lako očitati kako kružna vodovodna instalacija nosi puno veće gubitke zbog veće dužine vodovodne instalacije i većeg broja armatura u sustavu. Usporedno s povećanjem dimenzija sustava, raste i cijena cijelom sustavu.

Financijski plan izrađen je u tablici 11, tablici financijske analize vodovodne instalacije, koristeći cijene jednog od najvećih distributera vodovodnog materijala u Hrvatskoj.

**Tablica 11.** *Financijska analiza vodovodne instalacije*

|                                       | PROMJER (mm) | DUŽINA (m) | ARMATURA       | CIJENA (kn) |
|---------------------------------------|--------------|------------|----------------|-------------|
| LINIJSKA VOD. INST. (KRUŽNA + HLADNA) | 15           | 7          | 7*K, 4*Rt      | 44,02       |
|                                       | 20           | 7          | 6*K, 7*Rt, 2*V | 46,16       |
|                                       | 25           | 6          | 4*K            | 48,16       |
|                                       |              |            | UKUPNO         | 138,34      |
| KRUŽNA VOD. INST. (KRUŽNA + HLADNA)   | 15           | 16         | 11*K, 8*Rt     | 94,02       |
|                                       | 20           | 7          | 6*K, 7*Rt, 2*V | 46,16       |
|                                       | 25           | 6          | 4*K            | 48,16       |
|                                       |              |            | UKUPNO         | 188,34      |

## 6. ZAKLJUČAK

Razvitak vodoopskrbnog sustava domaćinstava potrebno je provoditi u sklopu održivog razvoja. Potreba za pitkom vodom u današnje doba sve je veća, te se i sve veća pažnja posvećuje zaštiti okoliša, smanjenju gubitaka u sustavu, te na kraju i samom financijskom dijelu.

Održivim razvojem ne samo da štitimo čovjeka, već i prirodu. Pametnije i racionalnije izvodimo cijele sustave, štedimo energiju i smanjujemo gubitke, konstantnim održavanjem sprečavamo nastanak ekoloških katastrofa te su na kraju i financijski gubici puno manji. Ovaj rad rađen je na „održivom“ principu i to tako da smo poštivali HRN, izvodili sustav na principu najkraće linije vodovoda do potrošača itd.

Proračunom i dijagramima koje smo izradili, prikazali smo odnos linijske i kružne vodovodne instalacije, brzine, dimenzije, gubitke, te prednosti i mane svakog od njih. Detaljnim proračunom dokazali smo da kružnom vodovodnom instalacijom usporedno dobivamo veće linijske, lokalne, a i financijske gubitke. Pošto ovo jest „manji“ sustav, koji služi za opskrbu domaćinstva pitkom vodom, kod „velikog“ sustava usporedno imamo i puno veće gubitke, ali i sigurnost da će neovisno o kvaru, svako domaćinstvo biti opskrbljeno vodom.

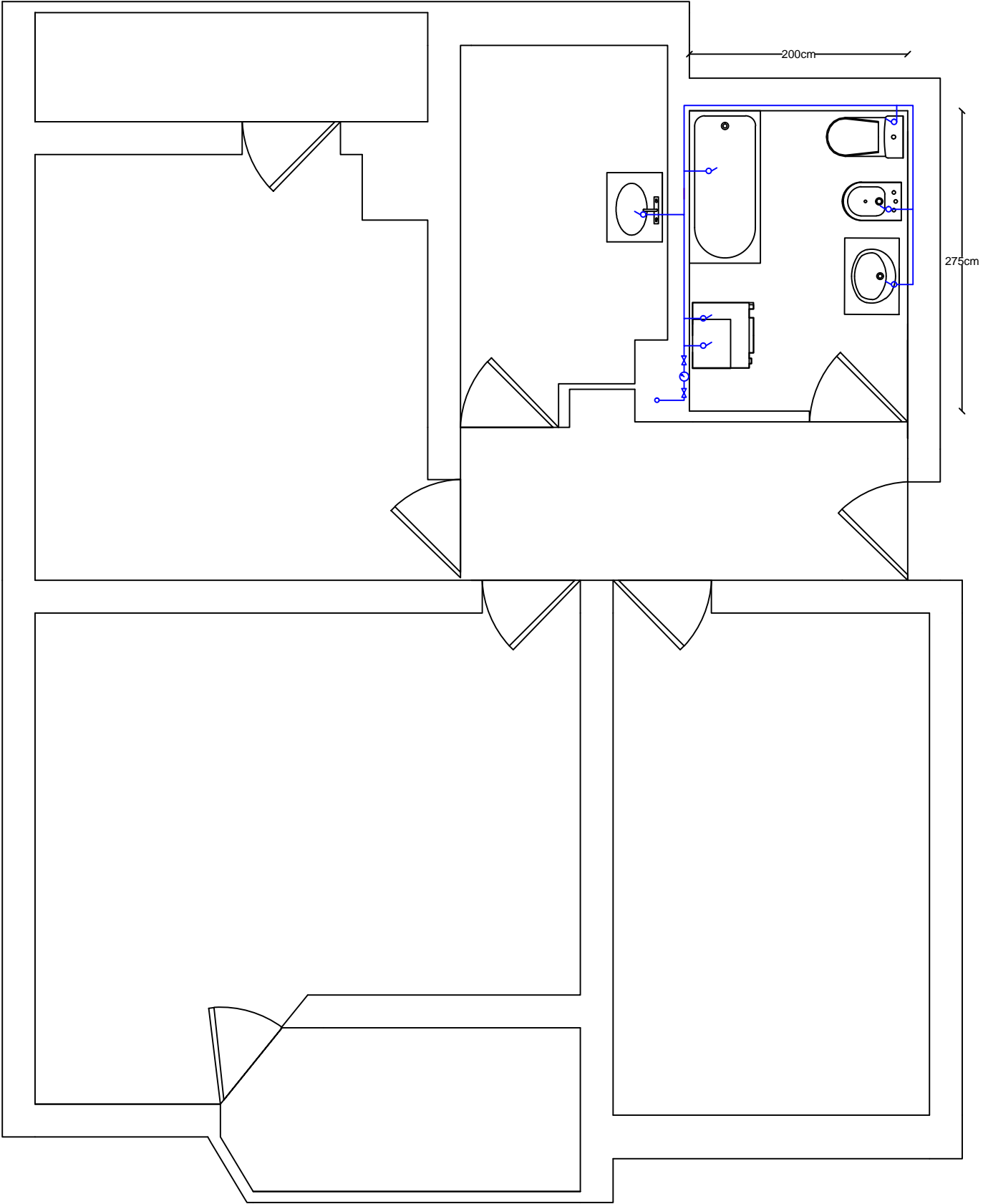
Uslijed toga ne bi trebalo prezati pred nešto većim budžetom kružne vodovodne instalacije i uvesti nju kao konačnu, jer ipak ona sa sobom donosi sigurnost da će biti vode na izljevnim jedinicima i ono što nam je svima najbitnije da se zaštiti zdravlje čovjeka.

## 7. LITERATURA

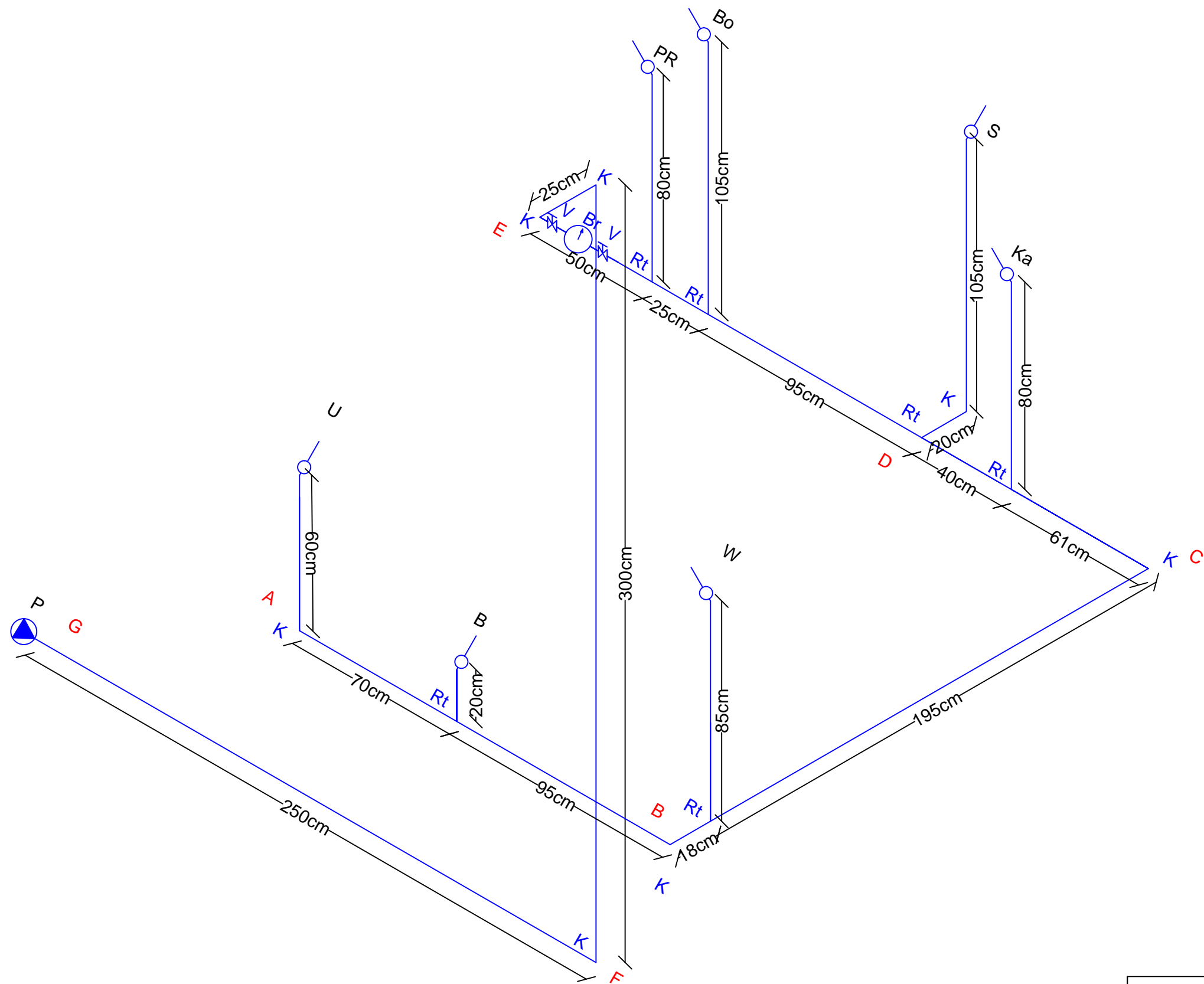
- [1] <http://www.sswm.info/content/network-design-and-dimensioning>
- [2] <http://www.termometal.hr/proizvodi/pp-r/pp-r-cijevi/>
- [3] Bojan Kraut (2009.) STROJARSKI PRIRUČNIK
- [5] <http://www.savingwater.org/StudentsTeachers/HouseholdWater/index.htm>
- [6] [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Boiler\\_scale\\_3.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Boiler_scale_3.JPG)
- [7] [http://pep-plumbing.co.uk/images/gas\\_central\\_heating.gif](http://pep-plumbing.co.uk/images/gas_central_heating.gif)
- [8] <http://www.crescentpipetongs.com>
- [9] <http://goughlui.com/2013/06/23/pipe-excavation-offending-tree-root-found/>
- [10] [http://www.alibaba.com/product-detail/water-pump-QB-60\\_211058890/showimage.html](http://www.alibaba.com/product-detail/water-pump-QB-60_211058890/showimage.html)
- [11] [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=2203&typ=html](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=2203&typ=html)
- [12] <http://www.insulationexpress.co.uk/Pipe-Insulation/Rocklap-Pipe-Sections-.htm>
- [13] <http://www.masterfile.com/stock-photography/image/623-03443047/Frozen-plumbing>
- [14] [http://i01.i.aliimg.com/photo/v5/1864018755/1000bar\\_font\\_b\\_high\\_b\\_font\\_font.jpg\\_140x140.jpg](http://i01.i.aliimg.com/photo/v5/1864018755/1000bar_font_b_high_b_font_font.jpg_140x140.jpg)
- [15] [http://www.pipeliningusa.com/pipe\\_cleaning.html](http://www.pipeliningusa.com/pipe_cleaning.html)
- [16] [http://www.showmelocal.com/content/business/1857/3714855/images/plumbing\\_contractors\\_midwest-city-ok-73159\\_10596.jpg](http://www.showmelocal.com/content/business/1857/3714855/images/plumbing_contractors_midwest-city-ok-73159_10596.jpg)
- [17] <http://www.pipeflow.com/pipe-pressure-drop-calculations/pipe-roughness>
- [18] <http://zoranpericsplit.weebly.com/uploads/1/2/4/9/12491619/83990761-instalacije.pdf>
- [19] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Gustoća>
- [20] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Viskoznost>



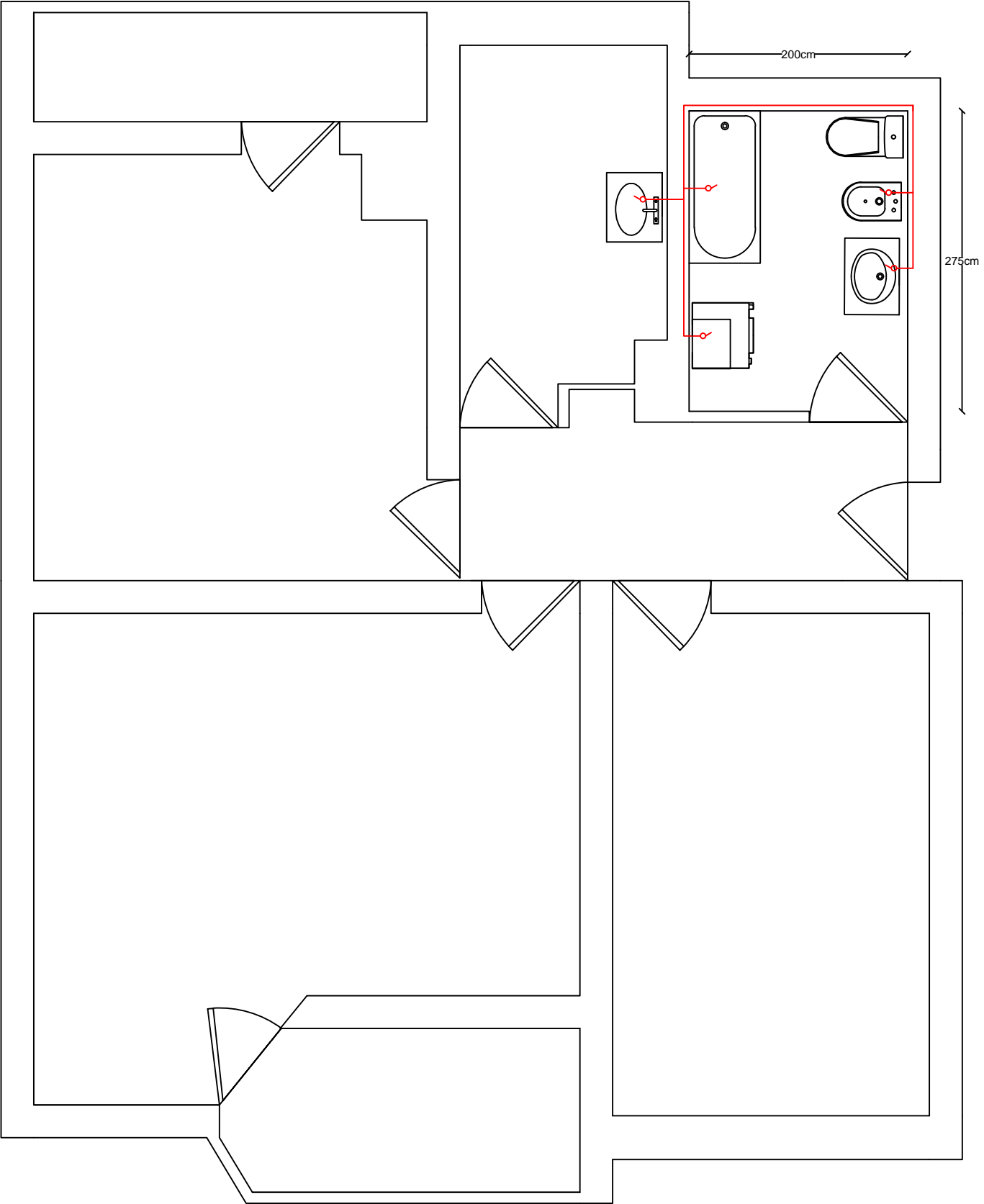
## **8. PRILOZI**



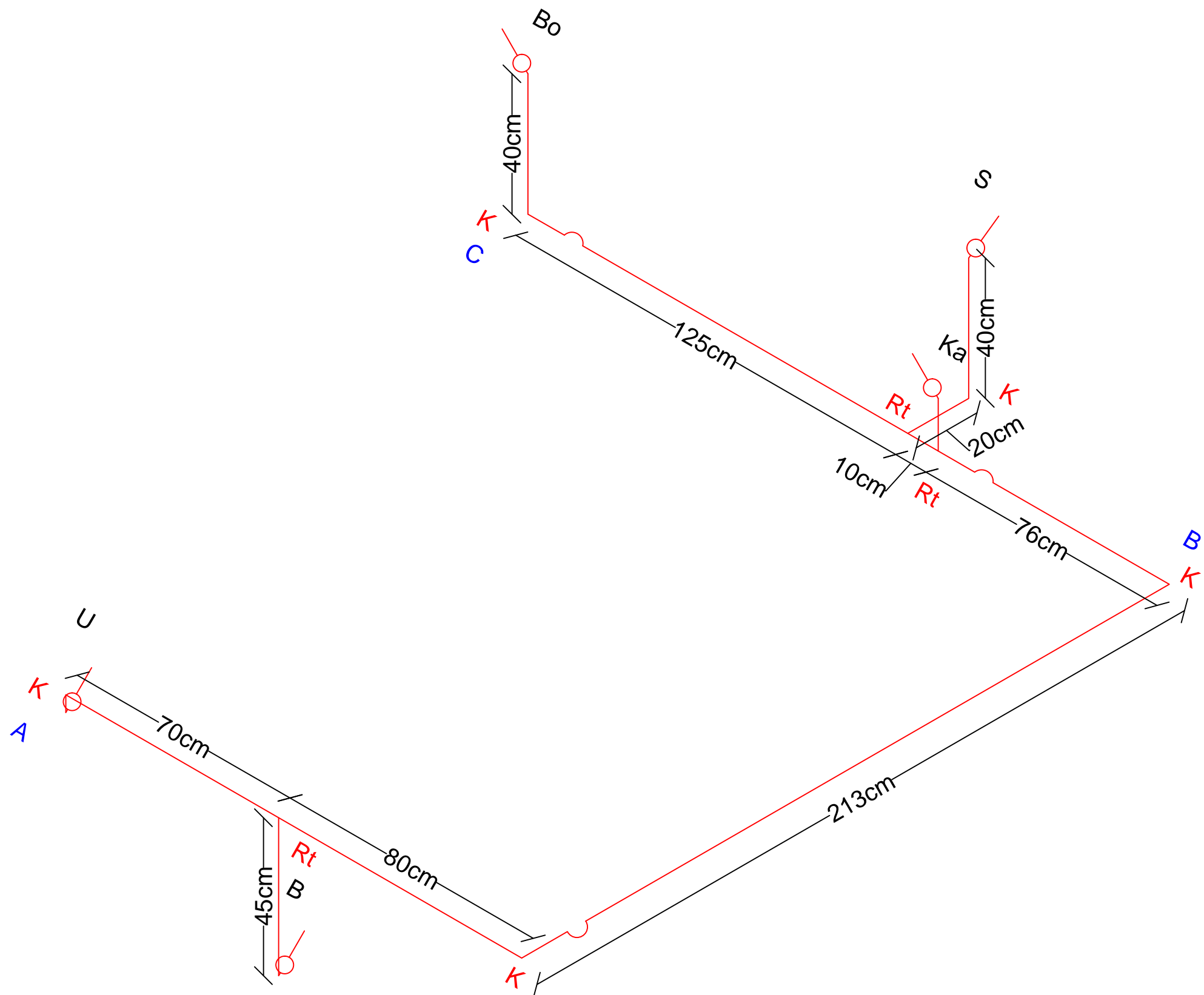
|                                   |              |   |
|-----------------------------------|--------------|---|
| MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU |              |   |
| PROJEKT IZRADIO:                  |              | NIKOLA BALENT                                     |
| POTPIS:                           |              |   |
| DATUM:                            |              | 01.08.2015  |
| MJEROLO:                          | BROJ CRTEŽA: | NAZIV:  |
|                                   | 1            | Tlocrt linijske vodovodne instalacije hladne vode |



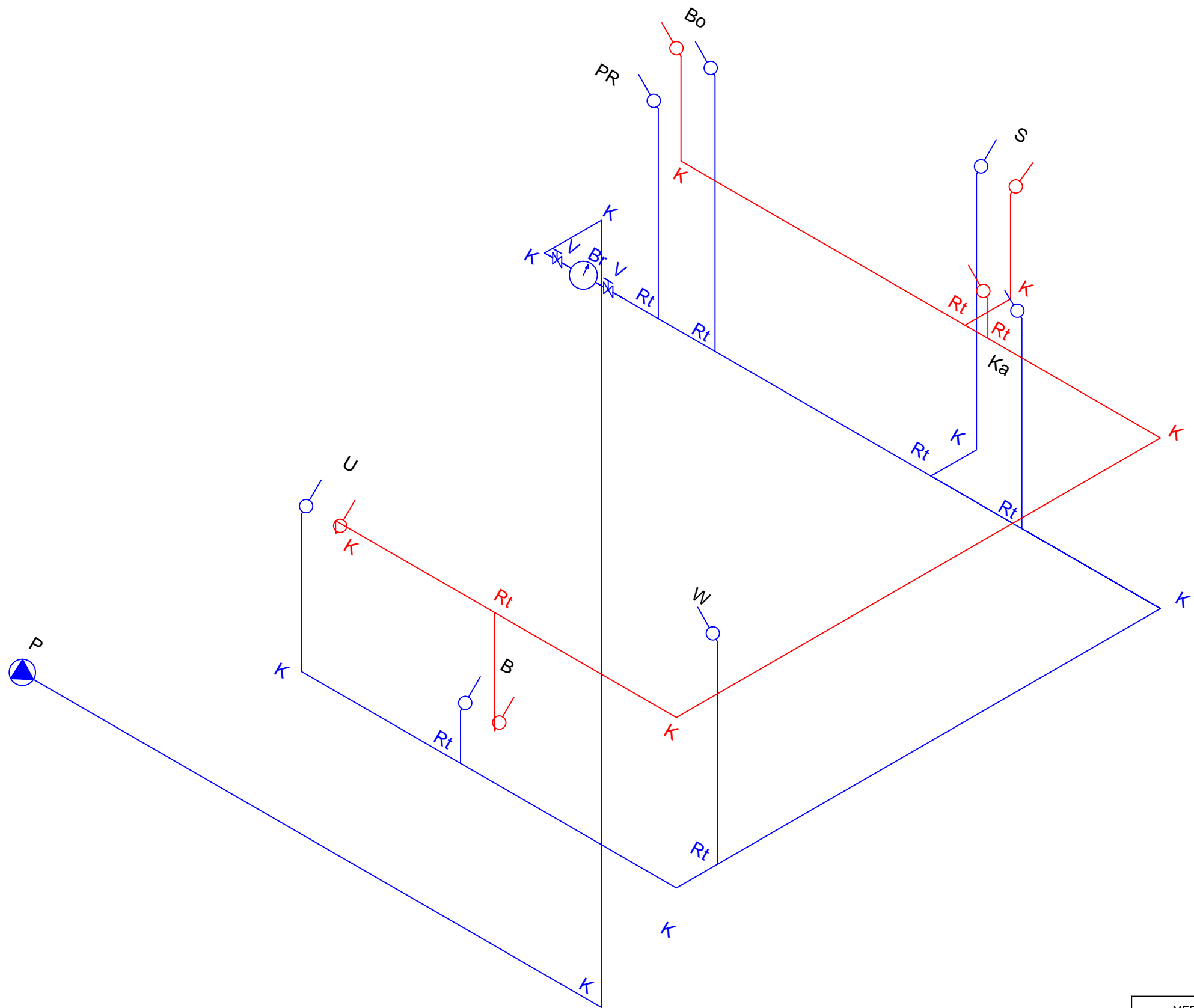
|                                   |              |   |
|-----------------------------------|--------------|---|
| MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU |              |   |
| PROJEKT IZRADIO:                  |              | NIKOLA BALENT                                   |
| POTPIS:                           |              |   |
| DATUM:                            |              | 01.08.2015                                      |
| MJERILO:                          | BROJ CRTEŽA: | NAZIV:  |
|                                   | 2            | Izometrija linijske vodovodne mreže hladne vode |



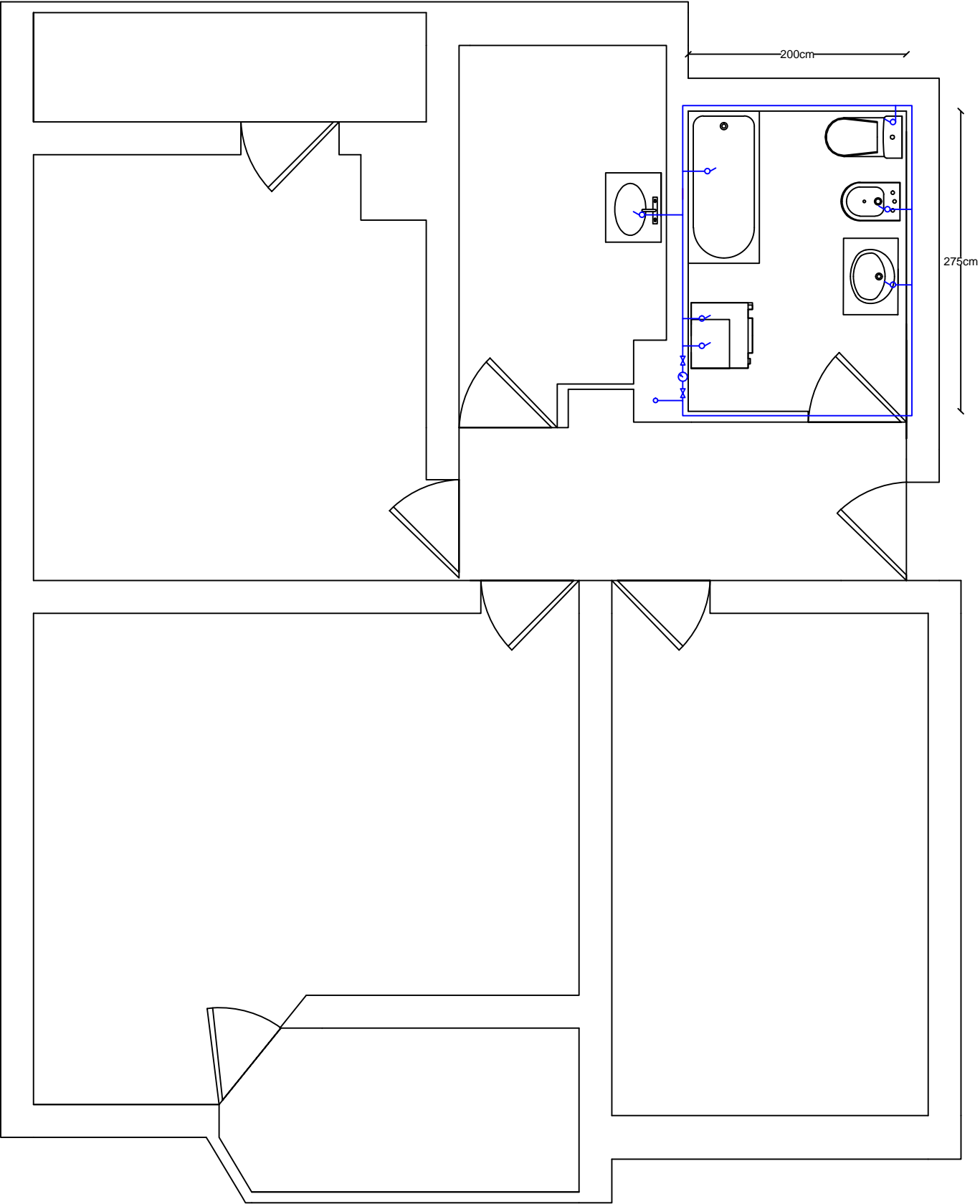
|                                   |              |  |
|-----------------------------------|--------------|--|
| MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU |              |  |
| PROJEKT IZRADIO:                  |              | NIKOLA BALENT  |
| POTPIS:                           |              |  |
| DATUM:                            |              | 01.08.2015   |
| MJERILO:                          | BROJ CRTEŽA: | NAZIV:   |
|                                   | 3            | Tlocrt stana linijske vodovodne instalacije tople vode |



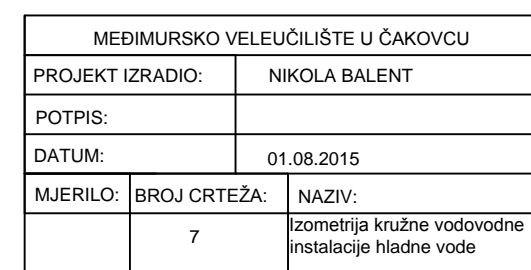
|                                   |              |  |
|-----------------------------------|--------------|--|
| MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU |              |  |
| PROJEKT IZRADIO:                  |              | NIKOLA BALENT  |
| POTPIS:                           |              |  |
| DATUM:                            |              | 01.08.2015   |
| MJERILO:                          | BROJ CRTEŽA: | NAZIV:   |
|                                   | 4            | Izometrija linijske vodovodne instalacije tople vode |



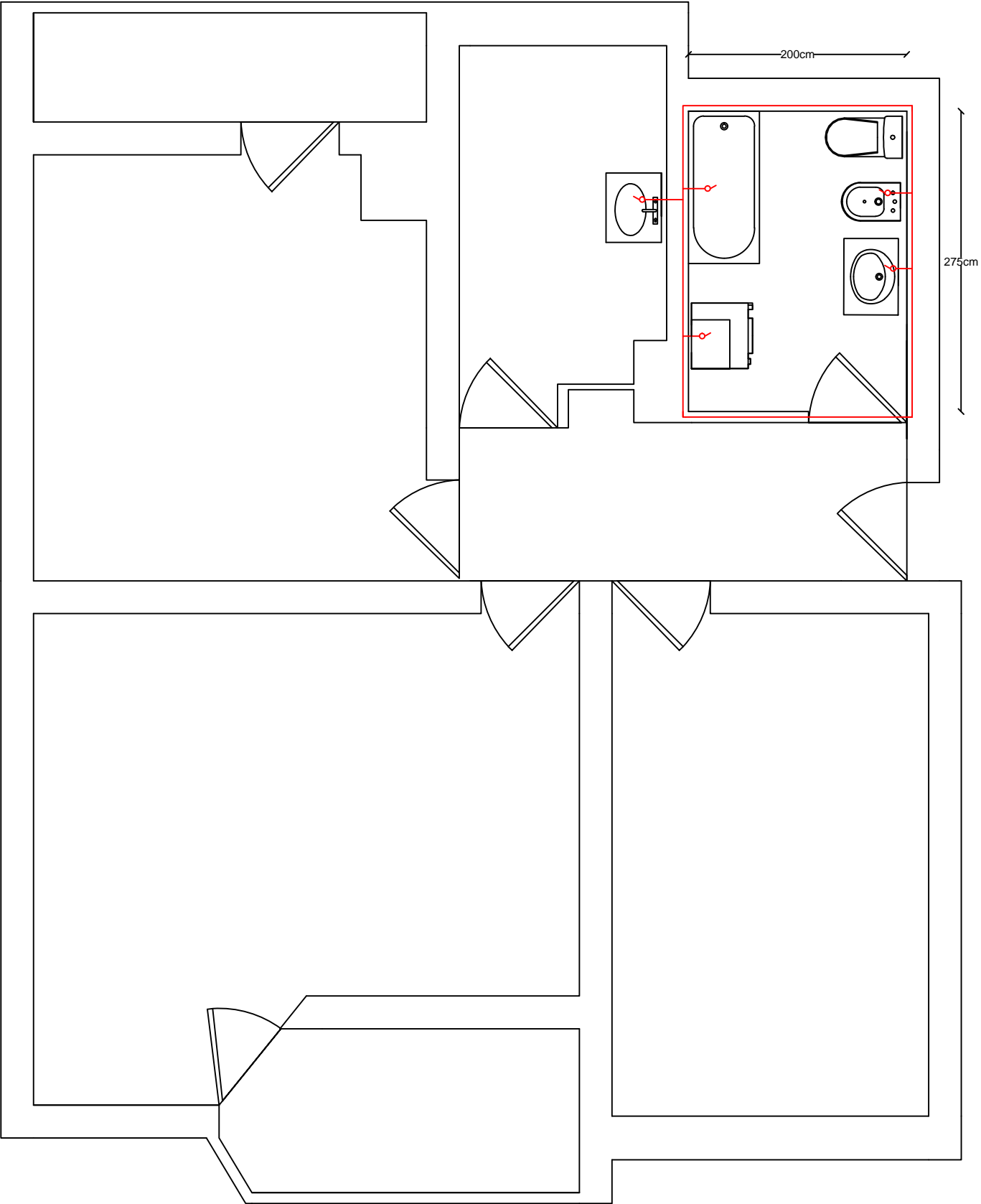
|                                   |               |   |
|-----------------------------------|---------------|---|
| MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU |               |   |
| PROJEKT IZRADIO:                  | NIKOLA BALENT |   |
| POTPIS:                           |               |   |
| DATUM:                            | 01.08.2015    |   |
| MJERILO:                          | BROJ CRTEŽA:  | NAZIV:  |
|                                   | 5             | Izometrija linijske vodovodne mreže hladne i tople vode |



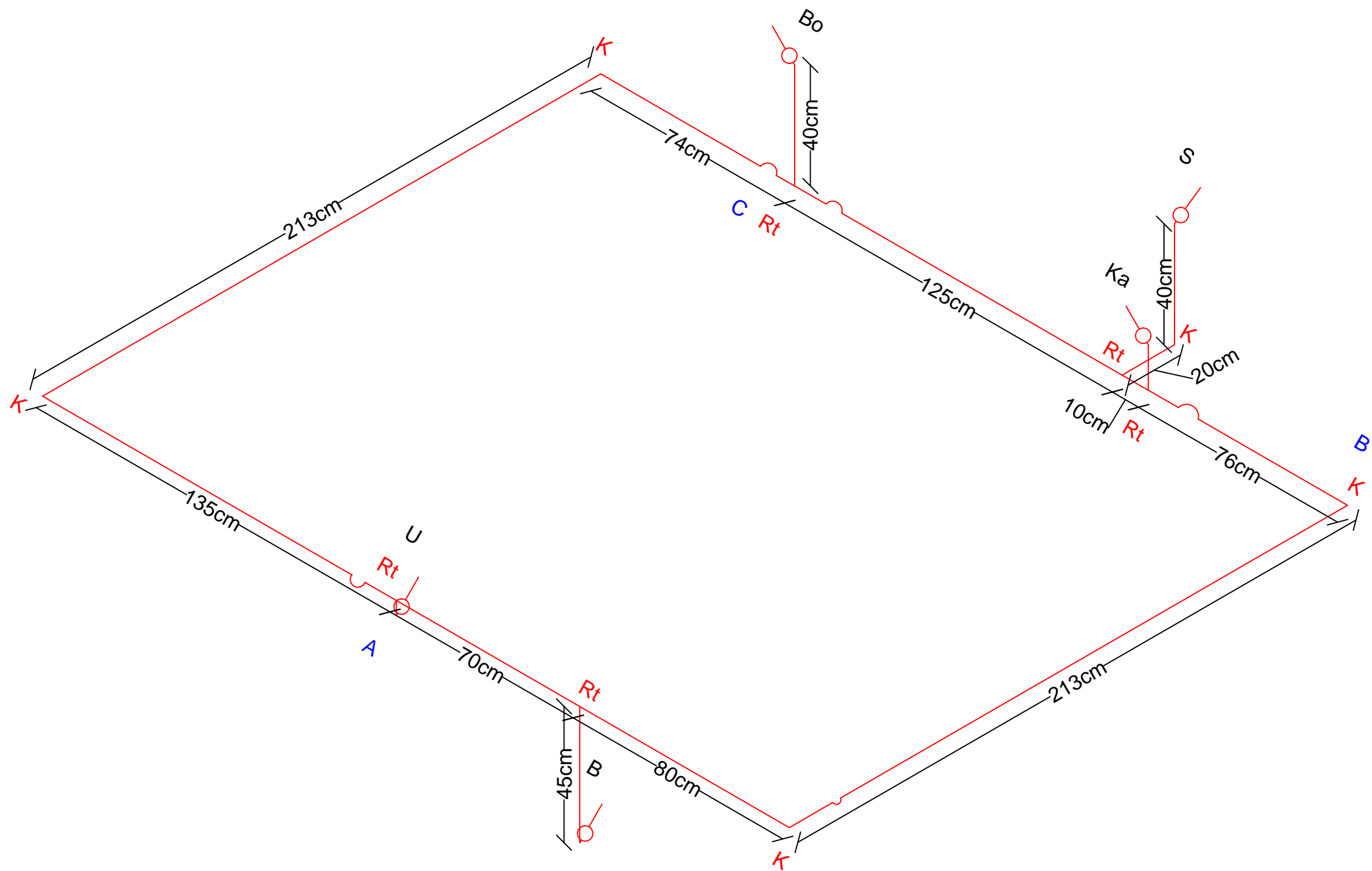
|                                   |              |   |
|-----------------------------------|--------------|---|
| MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU |              |   |
| PROJEKT IZRADIO:                  |              | NIKOLA BALENT                                   |
| POTPIS:                           |              |   |
| DATUM:                            |              | 01.08.2015                                      |
| MJERILO:                          | BROJ CRTEŽA: | NAZIV:  |
|                                   | 6            | Tlocrt kružne vodovodne instalacije hladne vode |



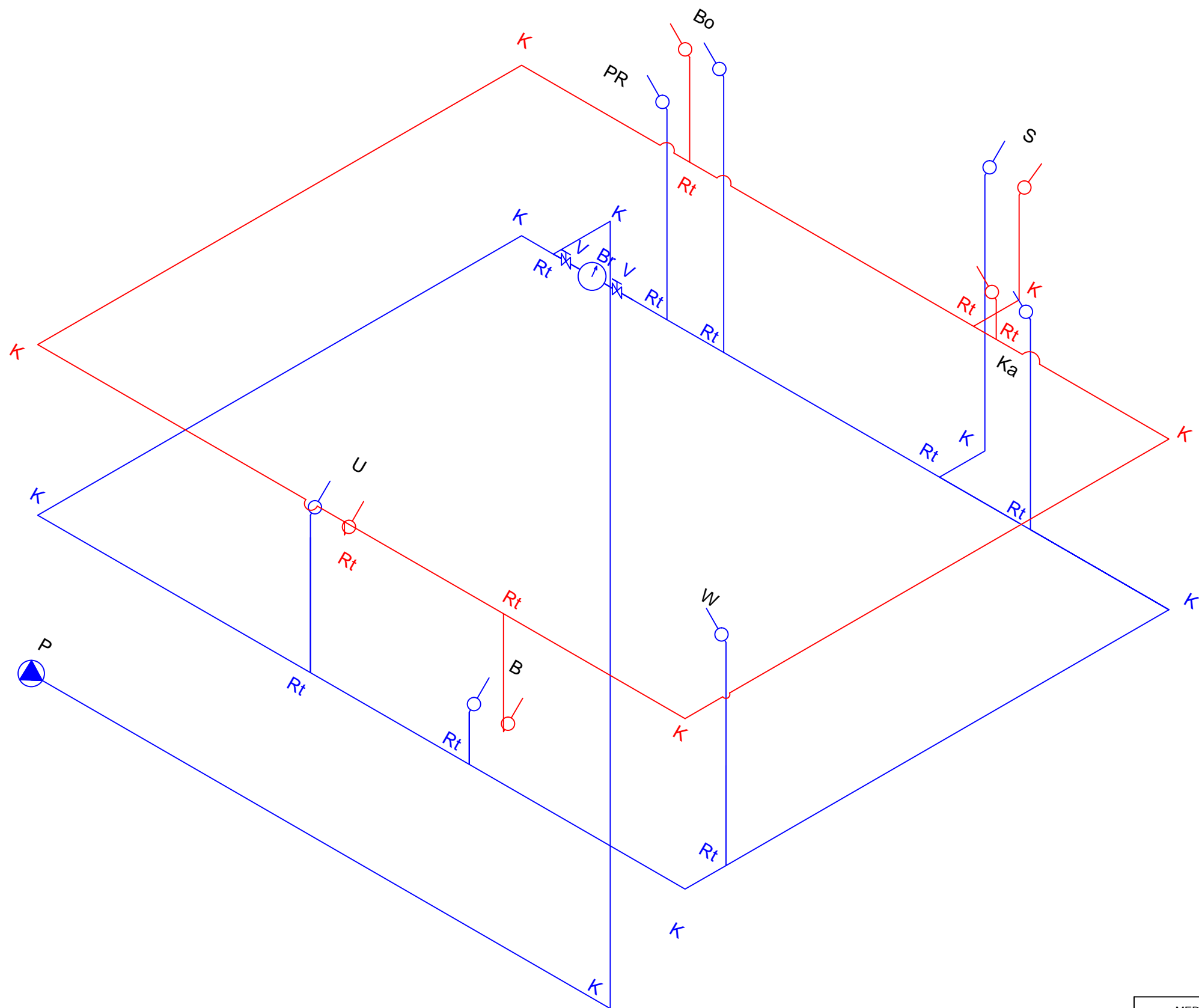




|                                   |               |  |
|-----------------------------------|---------------|--|
| MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU |               |  |
| PROJEKT IZRADIO:                  | NIKOLA BALENT |  |
| POTPIS:                           |               |  |
| DATUM:                            | 01.08.2015    |  |
| MJERILO:                          | BROJ CRTEŽA:  | NAZIV:   |
|                                   | 8             | Tlocrt stana kružne vodovodne instalacije tople vode |



|                                   |               |  |
|-----------------------------------|---------------|--|
| MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU |               |  |
| PROJEKT IZRADIO:                  | NIKOLA BALENT |  |
| POTPIS:                           |               |  |
| DATUM:                            | 01.08.2015    |  |
| MJERILO:                          | BROJ CRTEŽA:  | NAZIV:   |
|                                   | 9             | Izometrija kružne vodovodne instalacije tople vode |



|                                   |               |   |
|-----------------------------------|---------------|---|
| MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU |               |   |
| PROJEKT IZRADIO:                  | NIKOLA BALENT |   |
| POTPIS:                           |               |   |
| DATUM:                            | 01.08.2015    |   |
| MJERILO:                          | BROJ CRTEŽA:  | NAZIV:  |
|                                   | 10            | Izometrija kružne vodovodne instalacije hladne i tople vode |

| DIONICA                        | IZLJEVNA JED. |      | PROTOK    |          | PROMJER |       | STV. BRZINA | REYNOL. BR. | LAMBDA | DUŽINA DIO. | UK. LIN GUB.     | LOK. GUB.        |      | UK. LOK. GUB.    |
|--------------------------------|---------------|------|-----------|----------|---------|-------|-------------|-------------|--------|-------------|------------------|------------------|------|------------------|
|                                | IJ (l/s)      |      | (Q)       |          | d (m)   |       | v (m/s)     | Re          | λ      | L (m)       | h <sub>lin</sub> | ξ                |      | h <sub>lok</sub> |
|                                | OZNAKA        | KOL. | l/s       | m^3/s    | STV.    | USV.  |             |             |        |             |                  | OZNAKA           | KOL. |                  |
| A-B                            | U, B          | 0,75 | 0,217     | 0,000217 | 0,0136  | 0,015 | 1,23        | 18299,14    | 0,0266 | 1,65        | 0,224            | K, K, Rt         | 5,5  | 0,421            |
| B-C                            | W             | 0,25 | 0,125     | 0,000125 | 0,0103  | 0,01  | 1,59        | 15847,52    | 0,0277 | 2,13        | 0,763            | K, K, Rt         | 5,5  | 0,711            |
| C-D                            | Ka, S         | 2    | 0,354     | 0,000354 | 0,0173  | 0,02  | 1,13        | 22411,78    | 0,0253 | 1,21        | 0,099            | K, K, Rt, Rt     | 7    | 0,452            |
| D-E                            | PR, Bo        | 2    | 0,354     | 0,000354 | 0,0173  | 0,02  | 1,13        | 22411,78    | 0,0253 | 1,7         | 0,139            | 3*Rt, K, 2*V, Br | 9    | 0,582            |
| E-F                            | SVE IJ        | 5    | 0,559     | 0,000559 | 0,0218  | 0,025 | 1,14        | 28348,91    | 0,0239 | 3,25        | 0,205            | 3*K              | 6    | 0,397            |
| F-G                            | SVE IJ        | 5    | 0,559     | 0,000559 | 0,0218  | 0,025 | 1,14        | 28348,91    | 0,0239 | 2,5         | 0,158            | K                | 2    | 0,132            |
| Usvojena brzina vode u grani:  |               |      | 1,5       | m/s      |         |       |             |             |        |             | 1,588            |                  |      | 2,695            |
| Gustoća vode pri 20°C:         |               |      | 998,21    | kg/m^3   |         |       |             |             |        |             |                  | UKUPNI GUBICI    |      | 4,283            |
| Din. viskoznost vode pri 20°C: |               |      | 0,001003  | Pa/s     |         |       |             |             |        |             |                  |                  |      |                  |
| Hrapavost cijevi - plastične:  |               |      | 0,0000015 | m        |         |       |             |             |        |             |                  |                  |      |                  |

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU |   |
| PRORAČUN IZRADIO:                 | NIKOLA BALENT   |
| POTPIS:                           |   |
| DATUM:                            | 26.9.2015   |
| TABLICA BROJ:                     | NAZIV:  |
| 12                                | PRORAČUN LINIJSKE<br>VODOVODNE INSTALACIJE<br>HLADNE VODE |

| DIONICA                        | IZLJEVNA JED. |      | PROTOK    |          | PROMJER |       | STV. BRZINA | REYNOL. BR. | LAMBDA | DUŽINA DIO. | UK. LIN GUB.     | LOK. GUB.      |      | UK. LOK. GUB.    |
|--------------------------------|---------------|------|-----------|----------|---------|-------|-------------|-------------|--------|-------------|------------------|----------------|------|------------------|
|                                | IJ (l/s)      |      | (Q)       |          | d (m)   |       | v (m/s)     | Re          | λ      | L (m)       | h <sub>lin</sub> | ξ              |      | h <sub>lok</sub> |
|                                | OZNAKA        | KOL. | l/s       | m^3/s    | STV.    | USV.  |             |             |        |             |                  | OZNAKA         | KOL. |                  |
| A-B                            | U, B          | 0,75 | 0,217     | 0,000217 | 0,0136  | 0,015 | 1,23        | 18299,14    | 0,0266 | 3,63        | 0,494            | K, K, K, Rt    | 7,5  | 0,574            |
| B-C                            | Ka, S, Bo     | 2,5  | 0,395     | 0,000395 | 0,0183  | 0,02  | 1,26        | 25057,13    | 0,0246 | 2,31        | 0,230            | K,K, K, Rt, Rt | 9    | 0,727            |
|                                |               |      |           |          |         |       |             |             |        |             |                  |                |      |                  |
|                                |               |      |           |          |         |       |             |             |        |             |                  |                |      |                  |
|                                |               |      |           |          |         |       |             |             |        |             |                  |                |      |                  |
|                                |               |      |           |          |         |       |             |             |        |             |                  |                |      |                  |
| Usvojena brzina vode u grani:  |               |      | 1,5       | m/s      |         |       |             |             |        |             | 0,723            |                |      | 1,301            |
| Gustoća vode pri 20°C:         |               |      | 998,21    | kg/m^3   |         |       |             |             |        |             |                  | UKUPNI GUBICI  |      | 2,024            |
| Din. viskoznost vode pri 20°C: |               |      | 0,001003  | Pa/s     |         |       |             |             |        |             |                  |                |      |                  |
| Hrapavost cijevi - plastične:  |               |      | 0,0000015 | m        |         |       |             |             |        |             |                  |                |      |                  |

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU |   |
| PRORAČUN IZRADIO:                 | NIKOLA BALENT   |
| POTPIS:                           |   |
| DATUM:                            | 26.9.2015   |
| TABLICA BROJ:                     | NAZIV:  |
| 13                                | PRORAČUN LINIJSKE<br>VODOVODNE<br>INSTALACIJE TOPLE<br>VODE |

| DIONICA                        | IZLJEVNA JED. |      | PROTOK    |          | PROMJER |       | STV. BRZINA | REYNOL. BR. | LAMBDA    | DUŽINA DIO. | UK. LIN GUB. | LOK. GUB.     |      | UK. LOK. GUB. |
|--------------------------------|---------------|------|-----------|----------|---------|-------|-------------|-------------|-----------|-------------|--------------|---------------|------|---------------|
|                                | IJ (l/s)      |      | (Q)       |          | d (m)   |       | v (m/s)     | Re          | $\lambda$ | L (m)       | $h_{lin}$    | $\xi$         |      | $h_{lok}$     |
|                                | OZNAKA        | KOL. | l/s       | m^3/s    | STV.    | USV.  |             |             |           |             |              | OZNAKA        | KOL. |               |
| E-A                            | U             | 0,5  | 0,177     | 0,000177 | 0,0123  | 0,015 | 1,00        | 14941,19    | 0,0280    | 3,47        | 0,331        | K, K, Rt, Rt  | 7    | 0,357         |
| A-B                            | U, B          | 0,75 | 0,217     | 0,000217 | 0,0136  | 0,015 | 1,23        | 18299,14    | 0,0266    | 1,65        | 0,224        | Rt, Rt, K     | 5    | 0,383         |
| B-C                            | W             | 0,25 | 0,125     | 0,000125 | 0,0103  | 0,01  | 1,59        | 15847,52    | 0,0277    | 2,13        | 0,763        | K, K, Rt,     | 5,5  | 0,711         |
| C-D                            | Ka, S         | 2    | 0,354     | 0,000354 | 0,0173  | 0,02  | 1,13        | 22411,78    | 0,0253    | 1,21        | 0,099        | K, K, Rt, Rt  | 7    | 0,452         |
| D-E                            | Bo, PR        | 2    | 0,354     | 0,000354 | 0,0173  | 0,02  | 1,13        | 22411,78    | 0,0253    | 1,7         | 0,139        | 4*Rt, 2*V, Br | 8,5  | 0,549         |
| E-F                            | SVE IJ        | 5    | 0,559     | 0,000559 | 0,0218  | 0,025 | 1,14        | 28348,91    | 0,0239    | 3,25        | 0,205        | K, K, Rt      | 5,5  | 0,364         |
| F-G                            | SVE IJ        | 5    | 0,559     | 0,000559 | 0,0218  | 0,025 | 1,14        | 28348,91    | 0,0239    | 2,5         | 0,158        | K             | 2    | 0,132         |
| Usvojena brzina vode u grani:  |               |      | 1,5       | m/s      |         |       |             |             |           |             | 1,919        |               |      | 2,949         |
| Gustoća vode pri 20°C:         |               |      | 998,21    | kg/m^3   |         |       |             |             |           |             |              | UKUPNI GUBICI |      | 4,868         |
| Din. viskoznost vode pri 20°C: |               |      | 0,001003  | Pa/s     |         |       |             |             |           |             |              |               |      |               |
| Hrapavost cijevi - plastične:  |               |      | 0,0000015 | m        |         |       |             |             |           |             |              |               |      |               |

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU |  |
| PRORAČUN IZRADIO:                 | NIKOLA BALENT  |
| POTPIS:                           |  |
| DATUM:                            | 26.9.2015  |
| TABLICA BROJ:                     | NAZIV:   |
| 14                                | PRORAČUN KRUŽNE<br>VODOVODNE INSTALACIJE<br>TOPLE VODE |

| DIONICA                        | IZLJEVNA JED. |      | PROTOK    |          | PROMJER |       | STV. BRZINA | REYNOL. BR. | LAMBDA | DUŽINA DIO. | UK. LIN GUB.     | LOK. GUB.        |      | UK. LOK. GUB.    |
|--------------------------------|---------------|------|-----------|----------|---------|-------|-------------|-------------|--------|-------------|------------------|------------------|------|------------------|
|                                | IJ (l/s)      |      | (Q)       |          | d (m)   |       | v (m/s)     | Re          | λ      | L (m)       | h <sub>lin</sub> | ξ                |      | h <sub>lok</sub> |
|                                | OZNAKA        | KOL. | l/s       | m^3/s    | STV.    | USV.  |             |             |        |             |                  | OZNAKA           | KOL. |                  |
| A-B                            | U, B          | 0,75 | 0,217     | 0,000217 | 0,0136  | 0,015 | 1,23        | 18299,14    | 0,0266 | 3,63        | 0,494            | K, K, Rt, Rt     | 7    | 0,536            |
| B-C                            | Ka, S, Bo     | 2,5  | 0,395     | 0,000395 | 0,0183  | 0,02  | 1,26        | 25057,13    | 0,0246 | 2,31        | 0,230            | K, K, Rt, Rt, Rt | 8,5  | 0,687            |
| C-A                            | Bo, U         | 1    | 0,250     | 0,000250 | 0,0146  | 0,015 | 1,42        | 21130,03    | 0,0257 | 4,22        | 0,739            | K, K, Rt, Rt     | 7    | 0,715            |
|                                |               |      |           |          |         |       |             |             |        |             |                  |                  |      |                  |
|                                |               |      |           |          |         |       |             |             |        |             |                  |                  |      |                  |
|                                |               |      |           |          |         |       |             |             |        |             |                  |                  |      |                  |
| Usvojena brzina vode u grani:  |               |      | 1,5       | m/s      |         |       |             |             |        |             | 1,462            |                  |      | 1,937            |
| Gustoća vode pri 20°C:         |               |      | 998,21    | kg/m^3   |         |       |             |             |        |             |                  | UKUPNI GUBICI    |      | 3,399            |
| Din. viskoznost vode pri 20°C: |               |      | 0,001003  | Pa/s     |         |       |             |             |        |             |                  |                  |      |                  |
| Hrapavost cijevi - plastične:  |               |      | 0,0000015 | m        |         |       |             |             |        |             |                  |                  |      |                  |

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU |   |
| PRORAČUN IZRADIO:                 | NIKOLA BALENT   |
| POTPIS:                           |   |
| DATUM                             | 26.9.2015   |
| TABLICA BROJ:                     | NAZIV:  |
| 15                                | PRORAČUN KRUŽNE<br>VODOVODNE<br>INSTALACIJE TOPLE<br>VODE |